Министерство образования и науки Российской Федерации
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

53
Ф 503

№ 3665

# ФИЗИКА

Методические указания
к выполнению контрольной работы № 1
для студентов заочного факультета

НОВОСИБИРСК
2009

УДК 53(07)
Ф 503

Составители:
*В.В. Христофоров, А.А. Погорельская*

Рецензент *А.В. Баранов*

Работа подготовлена на кафедре
общей физики

# 1. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ И ЗАЩИТЕ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

1. За время изучения курса общей физики студент-заочник должен выполнить две или шесть контрольных работ в зависимости от специальности.

2. Номера задач, которые должен решить студент, определяются по таблице вариантов. Нужная студенту строка таблицы выбирается по последней цифре номера его зачетной книжки.

3. Каждая контрольная работа должна быть выполнена чернилами в отдельной тетради, на обложке которой приводятся сведения по следующему образцу.

| |
|---|
| Студент АВТФ гр. ОТЗ-625<br>Иванов А.П.<br>Шифр 134264099<br>Адрес: 630055 г. Новосибирск,<br>ул. Строителей, 4, кв. 5<br>Контрольная работа № 1 по физике |

4. Условия задач в контрольной работе следует переписать полностью без сокращений. Затем привести краткое условие с указанием искомых величин по следующему образцу:

Дано:

$$m_1 = 5\text{кг}$$

$$\underline{m_2 = 3\text{кг}}$$

$$a - ?$$

5. Для замечаний преподавателя на страницах тетради нужно оставить достаточно широкие поля.

6. Решения задач необходимо сопровождать краткими, но исчерпывающими пояснениями. В тех случаях, когда это возможно, нужно выполнить чертёж.

7. Если при решении задачи применяется формула, которая не является законом или определением физической величины, то необходимо показать её вывод.

8. Решение задач следует проводить в общем виде, т.е. в буквенных обозначениях, заданных в условии задачи, или, если они отсутствуют, введенных самим студентом.

9. После получения расчётной формулы для проверки её правильности нужно подставить вместо символов величин размерности этих величин, произвести с ними необходимые действия и убедиться в том, что полученная в результате размерность соответствует искомой величине. Если такого соответствия нет, то это означает, что решение задачи содержит ошибку.

10. Если проверка размерности прошла успешно, в расчетную формулу подставляют числовые значения величин в единицах СИ.

11. При подстановке в рабочую формулу, а также при записи результата числовые значения величин следует записывать как произведение десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на соответствующую степень десяти. Например, вместо 4321 надо писать $4{,}321 \cdot 10^3$, вместо 0,004321 надо писать $4{,}321 \cdot 10^{-3}$.

12. Вычисления по расчетной формуле надо проводить, соблюдая правила приближенных вычислений (см. ниже).

13. В конце контрольной работы следует указать, какими учебниками и пособиями студент пользовался при её выполнении (автор, название учебника, издательство, год издания).

14. Выполненная и оформленная контрольная работа передаётся для проверки и рецензирования преподавателю кафедры, которая осуществляет учебный процесс со студентами-заочниками данной специальности. Например, студенты АВТФ прикреплены к кафедре общей физики (ОФ), а студенты ФЭН – к кафедре прикладной и теоретической физики (ПТФ).

15. Если при рецензировании контрольной работы в ней обнаружены ошибки в решении задач или оформлении, работа с замечаниями возвращается студенту. Работу над ошибками студент может сделать в новой тетради, однако повторную работу следует отдавать на рецензию вместе с первой.

16. После получения положительной рецензии студент должен защитить контрольную работу. В процессе защиты преподаватель хочет удостовериться, что студент разобрался с теорией и методами решения

задач. При этом могут использоваться две методики: 1) беседа студента с преподавателем по задачам контрольной работы; 2) решение тестовых задач, соответствующих тематике контрольной работы, в присутствии преподавателя.

17. После успешной защиты контрольной работы преподаватель делает соответствующую запись в учебном журнале и забирает контрольную работу для уничтожения.

18. Студенты, которые в межсессионный период имеют возможность приезжать в НГТУ, могут защитить контрольные работы у дежурного преподавателя своей кафедры в установленные дни и часы. Студенты, которые не имеют такой возможности, должны привести выполненные и оформленные контрольные работы на сессию. В расписании занятий по физике для таких студентов предусматриваются часы для проверки и защиты контрольных работ.

19. Студенты, не выполнившие и не защитившие контрольные работы, а также не выполнившие и не защитившие лабораторные работы по физике, к экзамену не допускаются.

20. После ликвидации задолженности по разрешению деканата студенту предоставляется возможность сдать экзамен по физике в межсессионный период.

# 2. ПРАВИЛА ПРИБЛИЖЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Очень часто *неопытные лица* добиваются при вычислениях получения такой точности результата, которая совершенно не оправдывается точностью использованных данных. Это приводит к бесполезной затрате труда и времени.

Рассмотрим такой случай. Пусть при решении задачи требуется вычислить плотность вещества $\rho$ некоторого тела. Заданы масса тела $m = 9{,}38$ г и его объём $V = 4{,}46$ см$^3$. Важно отметить, что исходные данные имеют три значащие цифры.

**Справка.** Значащими цифрами называют все цифры, кроме нуля, а также и нуль в двух случаях: 1) когда он стоит между значащими цифрами; 2) когда он стоит в конце числа и когда известно, что единиц соответствующего разряда в данном числе не имеется. Например, числа $1{,}57$, $0{,}00507$, $3{,}80$ имеют три значащих цифры.

Без критического подхода к вычислениям можно для искомой плотности вещества получить такой результат:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{9,38}{4,46} = 2,71098 \text{ г}/\text{см}^3 .$$

Записанный результат имеет шесть значащих цифр. Однако достоверными могут считаться только три первые значащие цифры, что соответствует точности исходных данных. Следовательно, полученный результат необходимо округлить и представить в виде

$$\rho = 2,71 \text{ г}/\text{см}^3 .$$

Приближенные вычисления следует проводить с соблюдением следующих правил [1].

**1. При сложении и вычитании** приближенных чисел окончательный результат округляют так, чтобы он не имел значащих цифр в тех разрядах, которые отсутствуют хотя бы в одном из приближенных данных.

Например, при сложении чисел

$$\begin{array}{l} 4,462 \\ 2,38 \\ 1,17273 \\ \underline{1,0262} \\ 9,04093 \end{array}$$

следует сумму округлить до сотых долей, приняв равной $9,04$.

**2. При умножении** следует округлять сомножители так, чтобы каждый из них содержал столько значащих цифр, сколько их имеет сомножитель с наименьшим числом таких цифр.

Например, вместо вычисления выражения

$$3,723 \cdot 2,4 \cdot 5,1846$$

следует вычислять выражение

$$3,7 \cdot 2,4 \cdot 5,2 .$$

В окончательном результате следует оставлять такое же количество значащих цифр, какое имеется в сомножителях после их округления.

В промежуточных результатах надо сохранять на одну значащую цифру больше. Такое же правило соблюдается и при делении приближенных чисел.

**3. При возведении в квадрат или куб** следует в степени брать столько значащих цифр, сколько их имеется в основании степени.

Например,

$$1{,}32^2 \approx 1{,}74\,.$$

**4. При извлечении квадратного или кубического корня** в результате нужно брать столько значащих цифр, сколько их имеется в подкоренном выражении.

Например,

$$\sqrt{1{,}17\cdot 10^{-8}} \approx 1{,}08\cdot 10^{-4}\,.$$

**5. При вычислении сложных выражений** следует применять указанные правила в соответствии с видом производимых действий.

Например,

$$\frac{(3{,}2+17{,}062)\sqrt{3{,}7}}{5{,}1\cdot 2{,}007\cdot 10^3}\,.$$

Сомножитель $5{,}1$ имеет наименьшее число значащих цифр – две. Поэтому результаты всех промежуточных вычислений должны округляться до трех значащих цифр:

$$\frac{(3{,}2+17{,}062)\sqrt{3{,}7}}{5{,}1\cdot 2{,}007\cdot 10^3} \approx \frac{20{,}3\cdot 1{,}92}{10{,}3\cdot 10^3} \approx \frac{39{,}0}{10{,}3\cdot 10^3} \approx 3{,}79\cdot 10^{-3}\,.$$

После округления результата до двух значащих цифр окончательно получаем $3{,}8\cdot 10^{-3}$.

В заключение отметим, что указанные правила приближенных вычислений следует использовать не только при решении задач, но и при обработке результатов измерений в процессе выполнения лабораторных работ.

# 3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Чертов А.Г., Воробьёв А.А. Федоров М.Ф. Задачник по физике (с примерами решения задач и справочными материалами). – М.: Высшая школа, 1973.
2. Савельев И.В. Курс общей физики. – М.: Наука, 1977 – Т. 1. (можно использовать и другие издания этого курса)
3. Трофимова Т.И. Курс физики. – М.: Высшая школа, 1988. (можно использовать и другие издания этого курса)
4. Давыдков В.В. Курс общей физики для студентов ИДО. Учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2001. Ч. 1. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. – 88 с. (пособие выложено на сайте кафедры общей физики)
5. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики. – М.: Наука, 1980. (в ответах имеются примеры решения задач, можно использовать и другие издания этого задачника)

# 4. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

## 4.1. Содержание работы

В контрольную работу № 1 включены задачи по следующим темам курса общей физики.

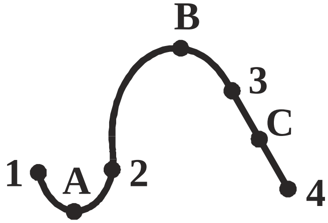
1. Кинематика материальной точки и поступательного движения твёрдого тела.
2. Кинематика вращательного движения.
3. Изменение импульса.
4. Закон сохранения импульса.
5. Закон сохранения механической энергии.
6. Связь потенциальной энергии и силы.
7. Связь механической энергии и работы.
8. Момент силы.
9. Теорема Штейнера.
10. Уравнение динамики вращательного движения твёрдого тела.
11. Связь момента импульса с моментом силы.
12. Закон сохранения момента импульса и энергии.
13. Связь импульса, энергии и массы в релятивистской механике.
14. Сокращение размеров тел в релятивистской механике.
15. Длительность событий в релятивистской механике.

16. Закон сохранения импульса и энергии в релятивистской механике.

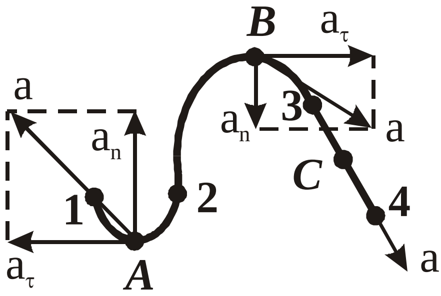
В данной контрольной работе студентам предлагается решить наряду с традиционными задачами, в которых требуется получить ответ в виде формулы и числа, качественные задачи. Эта форма задач в настоящее время широко используется в экзаменационных тестах, особенно при автоматизированном методе контроля знаний студентов. Учитывая, что всё большее распространение получает дистанционная форма обучения студентов, при которой автоматизированный метод контроля знаний является основным, составители ввели качественные задачи в контрольную работу № 1.

## 4.2. Примеры решения задач

**Задача 1**. На рисунке показана траектория частицы. На участке 1–2 модуль вектора скорости частицы убывал, на участке 2–3 – возрастал, на участке 3–4 тоже возрастал. Изобразите качественно вектор полного ускорения частицы на каждом из участков в точках $A, B, C$. Ответ обоснуйте.




*Решение*. Отметим, что участки траектории 1–2 и 2–3 являются криволинейными, а участок 3–4 – прямолинейный. Следовательно, в точках $A$ и $B$ имеются не равные нулю нормальные составляющие $\vec{a}_n$ вектора полного ускорения $\vec{a}$, направленные в центр кривизны траектории, а в точке $C$ – $|\vec{a}_n| = 0$. Из условия задачи также следует, что направление тангенциальной составляющей $\vec{a}_\tau$ в точке $A$ противоположно направлению вектора скорости частицы, а в точках $B$ и $C$ – совпадает с направлением скорости. При этом в точке $C$ $\vec{a}_\tau = \vec{a}$. Вектор полного ускорения равен сумме его составляющих: $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$. Из сказанного следует, что ответ задачи имеет следующий вид.




**Задача 2**. Найдите зависимость угловой скорости $\omega$ и углового ускорения $\varepsilon$ твёрдого тела от времени. Тело вращается вокруг неподвижной оси по закону $\varphi = At - Bt^2$, где $A = 20$ рад/с, $B = 1$ рад/с$^2$.

Дано:

$\varphi = At - Bt^2$;

$A = 20$ рад/с;

$B = 1$ рад/с$^2$.

---

$\omega(t), \varepsilon(t)$ – ?

*Решение*. Угловая скорость равна производной от угла поворота по времени:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = A - 2Bt.$$

Угловое ускорение равно производной от угловой скорости по времени:

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = -2B.$$

Подставляя численные значения, находим искомые зависимости:

$$\omega(t) = 20 - 2t, \text{рад/с},$$

$$\varepsilon(t) = -2, \text{рад/с}^2.$$

**Задача 3**. Пуля массой $m = 6$ г, летящая со скоростью $v_1 = 100$ м/с, попадает в деревянный брусок и застревает в нём за время $\tau = 25$ мс. Определите среднюю силу, действующую на пулю со стороны бруска, если после удара брусок вместе с застрявшей пулей стал двигаться со скоростью $v_2 = 10$ м/с.

Дано:

$m = 6 \text{г} = 6 \cdot 10^{-3} \text{кг};$

$v_1 = 100$ м/с;

$\tau = 25 \text{ мс} = 25 \cdot 10^{-3} \text{с};$

$v_2 = 10$ м/с.

$F$ – ?

*Решение*. Воспользуемся связью между приращением импульса пули и импульсом силы, действующей при этом на пулю:

$$mv_2 - mv_1 = -F\tau .$$

Уравнение записано в проекциях на направление скорости пули. Выражая искомую величину, получим

$$F = -\frac{mv_2 - mv_1}{\tau} = -\frac{6 \cdot 10^{-3} \cdot 10 - 6 \cdot 10^{-3} \cdot 100}{25 \cdot 10^{-3}} = 21{,}6 \text{ Н} .$$

**Задача 4**. Человек массой $m_1 = 60$ кг, бегущий со скоростью $v_1 = 8{,}0$ км/ч, догоняет тележку массой $m_2 = 80$ кг, движущуюся со скоростью $v_2 = 2{,}9$ км/ч, и вскакивает на неё. С какой скоростью $u$ станет двигаться тележка?

Дано:

$m_1 = 60$ кг;

$v_1 = 8{,}0$ км/ч;

$m_2 = 80$ кг;

$v_2 = 2{,}9$ км/ч.

$u$ – ?

*Решение*. Система человек–тележка является замкнутой в горизонтальном направлении. Следовательно, для горизонтальной проекции импульса системы выполняется закон сохранения:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = \left(m_1 + m_2\right) u .$$

Выражая $u$, получаем

$$u = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{\left(m_1 + m_2\right)} = \frac{60 \cdot 8 + 80 \cdot 2{,}9}{60 + 80} \cong 5{,}1 \text{км/ч} \cong 1{,}4 \text{м/с} .$$

**Задача 5**. На какую высоту $h$ по наклонной плоскости поднимется обруч, катящийся без скольжения по горизонтальной дороге со скоростью $v = 2\,\text{м/с}$?

Дано:

обруч;

$v = 2$ м/с.

$h$ – ?

*Решение*. Так как обруч катится без скольжения, превращения его механической энергии во внутреннюю энергию не происходит. Следовательно, для обруча выполняется закон сохранения механической энергии. Считая, что при движении по дороге обруч имеет потенциальную энергию, равную нулю, приравняем механическую энергию в начальной и конечной точках траектории:

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} = mgh .$$

Здесь $m$ – масса обруча; $v$ – скорость центра массы обруча на горизонтальной дороге; $I = mr^2$ – момент инерции обруча радиуса $r$ относительно оси, проходящей через центр масс; $\omega = \dfrac{v}{r}$ – угловая скорость вращения обруча вокруг указанной оси при его движении по горизонтальной дороге.

Подставляя, получим

$$gh = v^2 .$$

Выражая $h$, получаем

$$h = \frac{v^2}{g} = \frac{2^2}{9{,}8} \cong 0{,}41 \text{ м}.$$

**Задача 6**. Зависимость потенциальной энергии материальной точки от координаты $x$ даётся уравнением $U = ax^2 + bx$, где $a$ и $b$ – константы. По какому закону изменяется проекция консервативной силы $F_x$, действующая на тело?

Дано:

$U = ax^2 + bx$

$F_x(x)$ – ?

*Решение*. Связь между потенциальной энергией и силой имеет вид.

$$F_x = -\frac{dU}{dx}.$$

Подставляя в эту формулу заданное в условии уравнение $U(x)$, получим решение

$$F_x(x) = -\frac{dU}{dx} = -(2ax + b).$$

**Задача 7**. Определите скорость $v$ движения санок, скатившихся с горки высотой $h = 5$ м с углом наклона $\alpha = 30^\circ$. Коэффициент трения $\mu = 0{,}1$.

Дано:

$h = 5$ м;

$\alpha = 30^\circ$;

$\mu = 0{,}1$.

$v$ – ?

*Решение*. Воспользуемся связью между приращением механической энергии и работой силы трения скольжения:

$$\frac{mv^2}{2} - mgh = -\left|\vec{F}_{\text{тр}}\right| l \ .$$

Здесь $m$ – масса санок; $v$ – скорость скатившихся санок; $\left|\vec{F}_{\text{тр}}\right|$ – модуль вектора силы трения скольжения; $l$ – длина горки.

Сила трения связана с силой реакции опоры:

$$\left|\vec{F}_{\text{тр}}\right| = \mu\left|\vec{N}\right| .$$

Сила реакции может быть найдена с помощью второго закона Ньютона, записанного в проекциях на направление, перпендикулярное к плоскости горки:

$$0 = \left|\vec{N}\right| - m\left|\vec{g}\right|\cos\alpha \ .$$

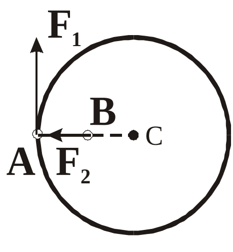
Связь между длиной горки и её высотой имеет вид

$$\frac{h}{l} = \sin\alpha \ .$$

Решая полученную систему уравнений, запишем

$$v = \sqrt{2gh\left(1 - \mu\frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}\right)} = \sqrt{2\cdot 9{,}8\cdot 5\cdot\left(1 - 0{,}1\cdot\sqrt{3}\right)} = 9 \text{ м/с} \ .$$

**Задача 8**. К диску радиусом $R$, изображенному на рисунке, приложена в точке $A$ сила $\vec{F}_1$, направленная по касательной, а в точке $B$, расположенной посередине радиуса диска, – сила $\vec{F}_2$, направленная вдоль радиуса. Куда направлены векторы моментов этих сил относительно центра диска $C$? Чему равны модули этих векторов?



*Решение*. Вектор момента силы $\vec{M}$ равен векторному произведению радиуса-вектора $\vec{r}$, соединяющего точку, относительно которой определяется момент силы, с точкой приложения силы, на вектор силы $\vec{F}$:

$$\vec{M} = \left[\vec{r}, \vec{F}\right].$$

Направление $\vec{M}$ определяется с помощью правила правого винта (буравчика). Модуль момента силы равен

$$\left|\vec{M}\right| = \left|\vec{r}\right| \cdot \left|\vec{F}\right| \sin\alpha .$$

Здесь $\alpha$ – угол между направлениями векторов $\vec{r}$ и $\vec{F}$.

Из рисунка, данного в условии задачи, видно, что для момента первой силы $\left|\vec{r}\right| = R$, а угол $\alpha = 90^\circ$. Следовательно, модуль момента первой силы равен

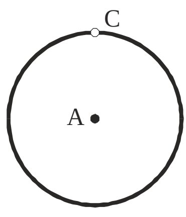
$$\left|\vec{M}_1\right| = R \cdot \left|\vec{F}_1\right| \cdot \sin 90^\circ = R \cdot \left|\vec{F}_1\right| .$$

Направлен вектор $\vec{M}_1$ перпендикулярно к плоскости диска, изображенного на рисунке, от нас.

Для момента второй силы $\left|\vec{r}\right| = \dfrac{R}{2}$, а угол $\alpha = 0^\circ$. Следовательно, модуль момента второй силы равен

$$\left|\vec{M}_2\right| = \frac{R}{2} \cdot \left|\vec{F}_2\right| \cdot \sin 0^\circ = 0 .$$

**Задача 9**. На рисунке изображен шар радиусом $r$ и массой $m$ с центром в точке $A$. Во сколько раз момент инерции шара относительно оси, проходящей через точку $A$, меньше момента инерции относительно параллельной оси, проходящей через точку $C$, расположенную на поверхности шара?



*Решение*. Момент инерции шара относительно оси, проходящей через центр масс, равен

$$I_A = \frac{2}{5} m r^2 .$$

По теореме Штейнера момент инерции этого шара относительно параллельной оси, проходящей через точку $C$, расположенную на расстоянии $r$ от точки $A$, равен

$$I_C = I_A + m r^2 = \frac{2}{5} m r^2 + m r^2 = \frac{7}{5} m r^2 .$$

Разделив $I_C$ на $I_A$, получаем ответ

$$\frac{I_C}{I_A} = \frac{\frac{7}{5} m r^2}{\frac{2}{5} m r^2} = \frac{7}{2} = 3{,}5 .$$

**Задача 10**. Невесомая нить с привязанными к её концам грузами $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 2$ кг перекинута через блок радиусом $R = 8$ см. Определите момент инерции $I$ блока, если он вращается с угловым ускорением $\varepsilon = 15$ рад/с$^2$.

Дано:

$m_1 = 1$ кг;

$m_2 = 2$ кг;

$R = 8$ см $= 8 \cdot 10^{-2}$м;

$\varepsilon = 15$ рад/с$^2$.

---

$I$ – ?

*Решение*. Учтём, что грузы движутся поступательно с одинаковыми по модулю ускорениями $a$, а блок при этом вращается с угловым ускорением $\varepsilon$. На каждый груз действуют сила тяжести $mg$ и сила натяжения нити $T$, а на блок – моменты сил натяжения нитей, расположенных по обе стороны блока.

Запишем для грузов второй закон Ньютона в проекциях на вертикальную ось $y$, направленную вверх, а для блока – уравнение динамики вращательного движения в проекциях на ось $z$, направленную вдоль оси вращения от нас:

$$m_1 a = T_1 - m_1 g;$$

$$-m_2 a = T_2 - m_2 g;$$

$$I\varepsilon = -T_1 R + T_2 R.$$

Линейное ускорение можно выразить через угловое ускорение:

$$a = \varepsilon R.$$

Решая полученную систему уравнений, находим

$$I = \frac{gR}{\varepsilon}\left(m_2 - m_1\right) - R^2\left(m_1 + m_2\right) =$$
$$= \frac{9{,}8 \cdot 8 \cdot 10^{-2}}{15}\left(2-1\right) - \left(8 \cdot 10^{-2}\right)^2\left(1+2\right) = 3{,}3 \cdot 10^{-2}\,\text{кг}\cdot\text{м}^2.$$

**Задача 11**. Определите момент силы $M$, который необходимо приложить к блоку, вращающемуся с частотой $n = 10$ об/с, чтобы он остановился в течение времени $\Delta t = 5$ с. Диаметр блока $D = 0{,}2$ м. Масса блока $m = 2$ кг. Блок является однородным диском.

Дано:

$n = 10$ об/с;

$\Delta t = 5$ с;

$D = 0{,}2$ м;

$m = 2$ кг.

---

$M$ – ?

*Решение*. Будем считать, что блок вращается по часовой стрелке. Запишем для блока уравнение динамики вращательного движения в проекциях на ось $z$, направленную вдоль оси вращения от нас:

$$I\varepsilon_z = M_z .$$

Момент инерции однородного диска равен

$$I = \frac{1}{2} m \left( \frac{D}{2} \right)^2 .$$

Проекция углового ускорения на ось $z$ равна

$$\varepsilon_z = \frac{0 - 2\pi n}{\Delta t} .$$

Решая полученную систему уравнений, находим

$$M_z = -\frac{1}{2} m \left( \frac{D}{2} \right)^2 \frac{2\pi n}{\Delta t} = -\frac{2\left( \frac{0,2}{2} \right)^2 \pi \cdot 10}{5} \cong -0,13 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 .$$

Знак минус означает, что вектор искомого тормозящего момента силы направлен против выбранного направления оси $z$.

**Задача 12**. Шарик массой $m = 60$ г, привязанный к концу нити длиной $l_1 = 1,2$ м, вращается с частотой $n_1 = 2$ об/с, опираясь на горизонтальную плоскость. Нить укорачивается, приближая шарик к оси вращения до расстояния $l_2 = 0,6$ м. С какой частотой $n_2$ будет при этом вращаться шарик? Какую работу $A$ совершает внешняя сила, укорачивающая нить? Трением шарика о плоскость пренебречь.

Дано:

$m = 60 \text{ г} = 60 \cdot 10^{-3} \text{кг};$

$l_1 = 1,2$ м;

$n_1 = 2$ об/с;

$l_2 = 0,6$ м.

---

$n_2$, $A$ – ?

*Решение*. Поскольку сумма моментов внешних сил, действующих на шарик, равна нулю, для него выполняется закон сохранения момента импульса:

$$ml_1^2 \cdot 2\pi n_1 = ml_2^2 \cdot 2\pi n_2 .$$

Здесь $ml^2$ – момент инерции материальной точки (шарика) относительно оси вращения; $2\pi n = \omega$ – угловая скорость вращения шарика. Выражая из этого уравнения искомую частоту вращения, получаем

$$n_2 = n_1 \frac{l_1^2}{l_2^2} = 2\left(\frac{1,2}{0,6}\right)^2 = 8 \text{ об/с} .$$

Используя теорему о кинетической энергии, найдём работу:

$$A = \frac{ml_1^2 \left(2\pi n_2\right)^2}{2} - \frac{ml_2^2 \left(2\pi n_1\right)^2}{2} .$$

Подставляя численные значения, получаем

$$A = \frac{60 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot \pi^2}{2}\left[\left(0,6\right)^2 \cdot 8^2 - \left(1,2\right)^2 \cdot 2^2\right] \cong 20,5 \text{Дж} .$$

**Задача 13**. Во сколько раз релятивистская масса $m$ электрона, обладающего кинетической энергией $T = 1,53$ МэВ ($1$ э В$=1,6 \cdot 10^{-19}$Дж ), больше массы покоя $m_0$? Энергия покоя электрона равна $E_0 = 0,51$ МэВ.

Дано:

$T = 1,53$ МэВ;

$E_0 = 0,51$ МэВ.

---

$\frac{m}{m_0}$ – ?

*Решение*. Воспользуемся связью между полной энергией, кинетической энергией и энергией покоя релятивистской частицы:

$$mc^2 = T + E_0 .$$

Здесь $c$ – скорость света в вакууме.

Учтём, что энергия покоя равна

$$E_0 = m_0 c^2 .$$

Разделив первое равенство на второе, получаем ответ:

$$\frac{m}{m_0} = \frac{1,53 + 0,51}{0,51} = 4 .$$

## 4.3. Таблица вариантов для контрольной работы № 1

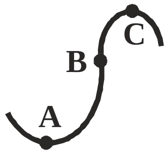
Студент заочного отделения должен решить восемь задач того варианта, номер которого совпадает с последней цифрой личного шифра студента, указанного в его зачетной книжке.

| Вариант | Номера задач | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 |
| 1 | 101 | 111 | 121 | 131 | 141 | 151 | 161 | 171 |
| 2 | 102 | 112 | 122 | 132 | 142 | 152 | 162 | 172 |
| 3 | 103 | 113 | 123 | 133 | 143 | 153 | 163 | 173 |
| 4 | 104 | 114 | 124 | 134 | 144 | 154 | 164 | 174 |
| 5 | 105 | 115 | 125 | 135 | 145 | 155 | 165 | 175 |
| 6 | 106 | 116 | 126 | 136 | 146 | 156 | 166 | 176 |
| 7 | 107 | 117 | 127 | 137 | 147 | 157 | 167 | 177 |
| 8 | 108 | 118 | 128 | 138 | 148 | 158 | 168 | 178 |
| 9 | 109 | 119 | 129 | 139 | 149 | 159 | 169 | 179 |

## 4.4. Задачи для самостоятельного решения

100. Материальная точка массой 5 кг движется вдоль оси $x$. Движение описывается уравнением $x = At + Bt^2$ (м), где $A = 4$ м/с, $B = 3$ м/с$^2$. Найдите проекцию импульса тела $p_x$ в момент времени $t = 2$ с.

101. Материальная точка движется равномерно по криволинейной траектории (см. рисунок). В какой точке траектории (*A*, *B* или *C)* ускорение максимально? Ответ обоснуйте.




102. Тело брошено под углом к горизонту. Как изменяются при подъеме тела:

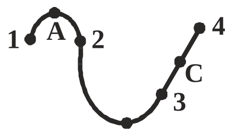
а) модуль тангенциального ускорения;

б) модуль нормального ускорения?

Сопротивлением воздуха пренебречь. Ответ обоснуйте.

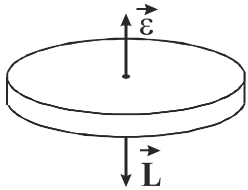
103. Материальная точка движется по окружности радиусом $R = 5$ м. Закон её движения выражается уравнением $s = A + Bt^2$, где $A = 8$ м, $B = -2$ м/с$^2$. В какой момент времени нормальное ускорение $a_n$ точки равно 5 м/с$^2$ ?

104. На рисунке изображена траектория частицы. На участке 1–2 модуль вектора скорости частицы возрастал, на участке 2–3 – не изменялся, на прямолинейном участке 3–4 модуль вектора скорости убывал. Изобразите качественно вектор полного ускорения частицы в точках $A, B, C$. Ответ обоснуйте.




105. Колесо, вращаясь равноускоренно, спустя $t = 2{,}0$ мин после начала вращения приобрело угловую скорость $\omega = 1{,}5$ с$^{-1}$. Найдите число оборотов колеса за это время.

106. Укажите, в каком направлении вращается диск и куда направлен вектор угловой скорости. Как изменяется модуль вектора угловой скорости с течением времени? Ответ обоснуйте. На рисунке введены обозначения: $\vec{\varepsilon}$ – вектор углового ускорения, $\vec{L}$ – вектор момента импульса.

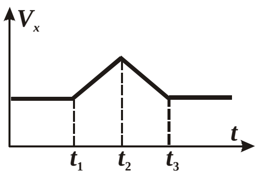



107. Тело вращается равнозамедленно с угловым ускорением $\varepsilon = 0,50$ с$^{-2}$. Сколько оборотов сделает тело до остановки, если его начальная угловая скорость $\omega = 5,0$ с$^{-1}$.

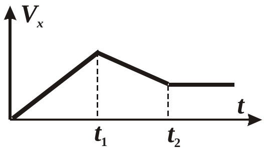
108. Частота вращения тела увеличилась от $\nu_1 = 5,0$ об/с до $\nu_2 = 15$ об/с при угловом ускорении $\varepsilon = 1,5$ с$^{-2}$. Сколько оборотов при этом сделало тело?

109. Точка начала двигаться по окружности радиусом $R = 20$ см с постоянным угловым ускорением. Найдите это ускорение, если к концу десятого оборота скорость точки стала $V = 1,8$ м/с.

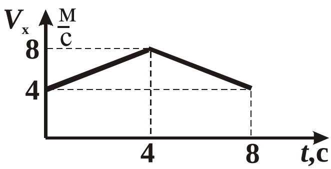
110. На рисунке показан график зависимости проекции скорости движения тела $V_X$ от времени. Изобразите зависимость проекции результирующей силы $F_X$, действующей на тело, от времени.




111. На рисунке показан график зависимости проекции скорости движения тела $V_X$ от времени. Изобразите зависимость проекции результирующей силы $F_X$, действующей на тело, от времени.



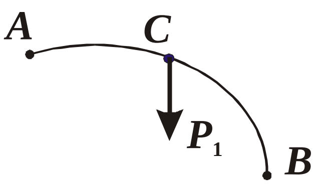

112. На рисунке показан график зависимости проекции скорости движения тела $V_X$ от времени. Какую силу надо приложить к телу массой 1 кг, чтобы вызвать такое изменение скорости? Результаты представьте на графике $F_X(t)$.




113. Шарик массой 20 г падает вертикально со скоростью $v = 1{,}2$ м/с на стальную плиту и упруго от неё отражается. Найдите среднюю силу, с которой в момент удара шарик действует на плиту, если время соприкосновения тел $\tau = 5$ мс.

114. Определите импульс $\vec{p}$, полученный стенкой при ударе об неё шарика массой $m = 300$ г, если шарик двигался со скоростью $v = 8$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к плоскости стенки. Удар о стенку считать упругим.

115. Снаряд, летящий по траектории *AB* (см. рисунок), разорвался в точке *C* траектории на два осколка. Осколок 1 получил вертикальный импульс вниз $P_1$, изображенный на рисунке. Укажите направление импульса осколка 2, задав модуль импульса снаряда в точке *C*.



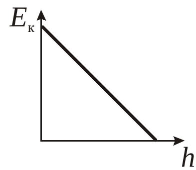
116. Тело массой $m$, скользящее без трения по горизонтальной поверхности, испытывает лобовое столкновение со вторым неподвижным телом такой же массы. Определите, при каком ударе (упругом или неупругом) скорость второго тела после взаимодействия будет больше.

117. По рельсам со скоростью $v$ прямолинейно движется тележка, в которой находится человек. Определите, как изменится скорость тележки, если человек выпрыгнет из неё перпендикулярно направлению движения.

118. Неподвижное ядро некоторого элемента распадается на три одинаковых осколка, два из которых разлетаются под углом $\alpha = 120^\circ$ с одинаковыми скоростями. В каком направлении летит третий осколок и какова его скорость?

119. Снаряд, летевший горизонтально со скоростью $v_0 = 500$ м/с, разорвался на два осколка. Меньший осколок, масса которого составляет $20\%$ от общей массы снаряда, полетел в противоположном направлении со скоростью $v_1 = 200$ м/с. Определите скорость второго осколка $v_2$ и направление его движения.

120. На рисунке представлена зависимость кинетической энергии $E_к$ тела, брошенного вертикально вверх, от высоты $h$. На том же рисунке изобразите зависимость потенциальной энергии этого тела от расстояния. Сопротивлением воздуха пренебречь. Ответ обоснуйте.




121. Стальной шарик массой 20 г, падая с высоты $h_1 = 1{,}0$ м на стальную плиту, отскакивает от неё на высоту $h_2 = 0{,}80$ м. Найдите количество теплоты, выделившейся при ударе.

122. Два шарика подвешены на параллельных нитях одинаковой длины так, что они соприкасаются. Один шарик массой $m_1 = 0{,}20$ кг отклоняют на некоторый угол от вертикального положения так, что его

центр масс поднимается на высоту $h = 4{,}5$ см, и отпускают. На какую высоту поднимутся шарики после неупругого столкновения? Масса второго шарика $m_2 = 0{,}10$ кг.

123. По небольшому куску мягкого железа, лежащему на наковальне массой $m_1 = 300$ кг, ударяет молот массой $m_2 = 8{,}0$ кг. Определите КПД $\eta$ удара, считая его неупругим. Полезной является энергия, затраченная на деформацию куска железа.

124. Шар массой $m_1 = 3$ кг движется со скоростью $v_1 = 2$ м/с и сталкивается с покоящимся шаром массой $m_2 = 5$ кг. Какая работа будет совершена при деформации шаров? Удар является неупругим.

125. Определите КПД $\eta$ неупругого удара бойка массой $m_1 = 500$ кг, падающего на вбиваемую в землю сваю массой $m_2 = 120$ кг. Полезной является энергия, затраченная на вбивание сваи.

126. Шар массой $m_1 = 4$ кг движется со скоростью $v_1 = 5$ м/с и сталкивается с шаром массой $m_2 = 6$ кг, который движется ему навстречу со скоростью $v_2 = 2$ м/с. Определите скорости шаров после удара. Удар считать упругим лобовым.

127. Шар массой $m_1 = 4$ кг движется со скоростью $v_1 = 5$ м/с и сталкивается с шаром массой $m_2 = 6$ кг, который движется в том же направлении со скоростью $v_2 = 2$ м/с. Определите скорости шаров после удара. Удар считать упругим лобовым.

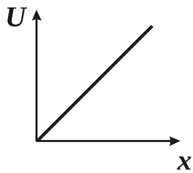
128. На горку какой высоты поднимется однородный диск, катящийся без скольжения по горизонтальной дороге со скоростью $v_1 = 5$ м/с.

129. Груз массой $m_1 = 0{,}4$ кг падает с некоторой высоты на пластину массой $m_2 = 6$ кг, укреплённую вверху вертикально расположенной пружины жёсткостью $k = 9{,}8 \cdot 10^2$ Н/м. Определите наибольшее сжатие пружины, если в момент удара груз имеет скорость $v_1 = 5$ м/с. Удар считать неупругим.

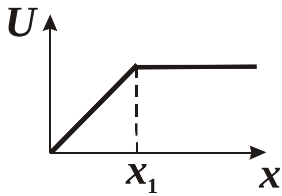
130. Зависимость потенциальной энергии материальной точки от координаты $x$ даётся уравнением $U = ax^2$, где $a = \text{const}$. По какому

закону изменяется проекция консервативной силы $F_x$, действующая на тело?

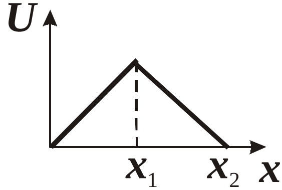
131. На рисунке приведен график зависимости потенциальной энергии материальной точки от координаты $x$ в некотором поле консервативной силы. Нарисуйте график зависимости проекции этой силы $F_x$ от $x$. Ответ обоснуйте.




132. На рисунке представлена зависимость потенциальной энергии материальной точки от координаты $x$. Изобразите зависимость проекции консервативной силы $F_x$, действующей на точку, от $x$. Ответ обоснуйте.




133. На рисунке представлена зависимость потенциальной энергии материальной точки от координаты $x$. Изобразите зависимость проекции консервативной силы $F_x$, действующей на точку, от координаты $x$. Ответ обоснуйте.



134. Зависимость потенциальной энергии материальной точки от координаты $x$ даётся уравнением $U = ax^2 + x$, где $a = \text{const}$. По какому закону изменяется проекция консервативной силы $F_x$, действующей на тело?

135. Первоначально покоящееся на вершине горы тело массой $m$ медленно соскальзывает с высоты $h$ на горизонтальную поверхность и останавливается. Какую минимальную работу $A$ необходимо совершить сторонней силе, чтобы тело втащить на прежнее место?

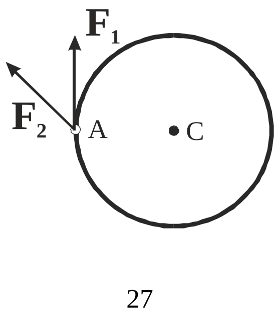
136. Тело массы $m$ соскальзывает с начальной скоростью $v_0$ с вершины горки высоты $h_1$, а затем поднимается на горку высоты $h_2$ и останавливается. Определите работу силы трения.

137. Конькобежец массой $m_1 = 70$ кг, стоя на коньках на льду, бросает в горизонтальном направлении камень массой $m_2 = 3{,}0$ кг со скоростью $v_2 = 8{,}0$ м/с. На какое расстояние откатится при этом конькобежец, если коэффициент трения коньков о лёд $k = 0{,}020$?

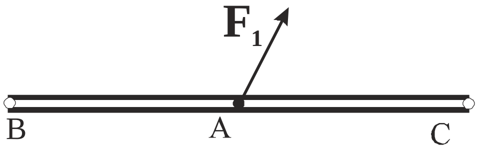
138. Вагон массой $m_1 = 16 \cdot 10^3$ кг, двигавшийся со скоростью $v_2 = 0{,}60$ м/с, налетев на пружинный буфер, остановился, сжав пружину на $\Delta l = 8{,}0$ см. Найдите общую жесткость $k$ пружин буфера.

139. Определите скорость поступательного движения сплошного цилиндра, скатившегося с наклонной плоскости высотой $h = 20$ см. Цилиндр катится без скольжения.

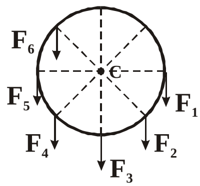
140. К диску, изображенному на рисунке, вначале была приложена в точке $A$ сила $\overrightarrow{F_1}$, направленная по касательной, а затем $\overrightarrow{F_2}$, направленная под углом $45^\circ$ к касательной. Во сколько раз момент первой силы относительно оси диска $C$ больше момента второй силы? Куда направлены векторы этих моментов сил? Считать, что силы равны по величине.



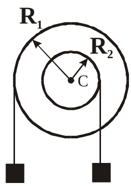
141. К стержню в точке $A$, расположенной в центре, приложена сила $\overrightarrow{F_1}$, направленная под некоторым углом к стержню. Во сколько раз изменится момент этой силы относительно точки $C$, если силу приложить в точке $B$, не меняя направление силы? Куда направлены векторы этих моментов сил?



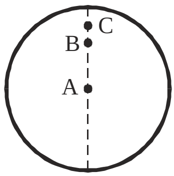

142. К ободу диска в различных точках приложены одинаковые по модулю силы $\overrightarrow{F_1}$, $\overrightarrow{F_2}$, $\overrightarrow{F_3}$, $\overrightarrow{F_4}$, $\overrightarrow{F_5}$, $\overrightarrow{F_6}$. Укажите направление результирующего момента силы.



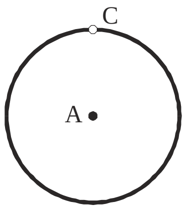

143. На рисунке показан ступенчатый вал. Две нити, к концам которых привязаны одинаковые грузы, намотаны одна на шкив большого радиуса $R_1$, а другая – на шкив малого радиуса $R_2$. Куда направлен результирующий момент сил натяжения нитей?



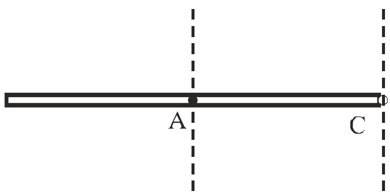

144. На рисунке изображен сплошной диск радиуса $r$ и массой $m$ с центром в точке $A$. Относительно какой из осей – $A$, $B$, или $C$, – расположенных перпендикулярно плоскости диска, момент инерции диска максимален? Ответ обоснуйте.



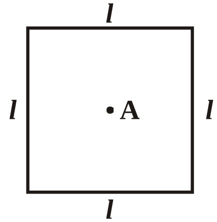

145. На рисунке изображен обруч радиуса $r$ и массой $m$ с центром в точке $A$. Во сколько раз момент инерции обруча относительно оси, проходящей через точку $A$, меньше момента инерции относительно оси, проходящей через точку $C$?



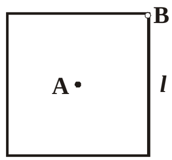

146. На рисунке изображен стержень длиной $l$ и массой $m$. Во сколько раз момент инерции стержня относительно оси, проходящей через точку $A$, расположенную в центре стержня, меньше момента инерции относительно оси, проходящей через точку $C$, расположенную на его конце?



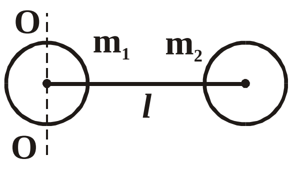

147. Плоская квадратная рамка собрана из тонких стержней, каждый из которых имеет длину $l$ и массу $m$. Чему равен момент инерции рамки относительно оси $A$, проходящей через её центр перпендикулярно плоскости рамки?



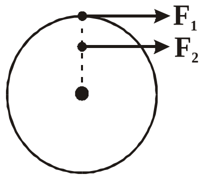

148. Однородная квадратная пластина с длиной стороны $l$ и массой $m$ имеет относительно оси $A$, проходящей через её центр перпендикулярно плоскости рамки, момент инерции $I_A$. Чему равен момент инерции пластины $I_B$ относительно оси $B$, проходящей через один из её углов параллельно оси $A$?




149. Два шара массами $m_1$ и $m_2 = 2m_1$ с одинаковыми радиусами $r$ соединены невесомым стержнем так, что расстояние между их центрами составляет $l = 5r$. Определите момент инерции $I$ этой системы относительно оси $OO$, проходящей через центр шара с массой $m_1$, перпендикулярно стержню.

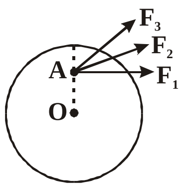



150. Диск может вращаться вокруг оси, проходящей через центр масс, перпендикулярно плоскости диска. К нему прикладывают одну из сил – $\vec{F}_1$ или $\vec{F}_2$ так, как это показано на рисунке. Под действием какой из сил диск будет вращаться с большим угловым ускорением, если $\left|\vec{F}_1\right| = \left|\vec{F}_2\right|$? Ответ обоснуйте.

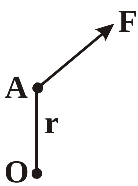



151. На абсолютно твердое тело действует постоянный вращающий момент. Какие из перечисленных ниже величин изменяются при этом с течением времени: 1) угловая скорость; 2) угловое ускорение; 3) момент инерции; 4) момент импульса? Ответ обоснуйте, приведя соответствующие формулы.

152. Диск может вращаться вокруг оси $O$, проходящей через центр масс, перпендикулярно плоскости диска. В точке $A$ к нему прикладывают одну из сил – $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ или $\vec{F}_3$ так, как это показано на рисунке. Под действием какой из сил диск будет вращаться с большим угловым ускорением, если $\left|\vec{F}_1\right| = \left|\vec{F}_2\right| = \left|\vec{F}_3\right|$? Ответ обоснуйте.




153. Напишите выражение для момента силы $\vec{F}$, приложенной к точке $A$, относительно точки $O$. Изобразите плечо этой силы. Напишите выражение для модуля момента силы.




154. Тонкостенный цилиндр массой $m = 12$ кг, имеющий диаметр основания $d = 30$ см, вращается согласно уравнению $\varphi = A + Bt + Ct^3$.

Здесь $A = 4$ рад, $B = -2$ рад/с, $C = 5$ рад/с$^3$. Определите действующий на цилиндр момент сил $M$ в момент времени $t = 3$ с.

155. На обод маховика диаметром $D = 60$ см намотан шнур, к концу которого привязан груз массой $m = 2$ кг. Определите момент инерции $I$ маховика, если он, вращаясь равноускоренно, под действием силы натяжения нити за время $t = 3$ с приобрел угловую скорость $\omega = 9$ рад/с.

156. Нить с привязанными к её концам грузами $m_1 = 50$ г и $m_2 = 60$ г перекинута через блок диаметром $D = 4$ см. Определите момент инерции $I$ блока, если он вращается с угловым ускорением $\varepsilon = 1{,}5$ рад/с$^2$.

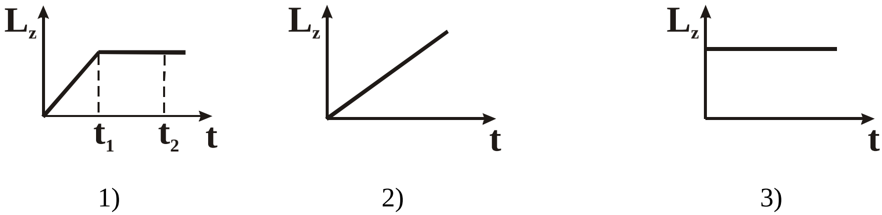
157. Стержень вращается вокруг оси, проходящей через его середину перпендикулярно стержню. Зависимость угла поворота стержня от времени имеет вид $\varphi = At + Bt^3$, где $A = 2$ рад/с, $B = 0{,}2$ рад/с$^3$. Определите момент сил $M$, действующий на стержень через $t = 2$ с после начала вращения. Момент инерции стержня $I = 0{,}048$ кгЧм$^2$.

158. Блок, имеющий форму диска массой $m = 0{,}4$кг, вращается под действием силы натяжения нити, перекинутой через блок. К концам нити подвешены грузы массой $m_1 = 0{,}3$ кг и $m_2 = 0{,}7$ кг. Определите силы $T_1$ и $T_2$ натяжения нити по обе стороны блока. Скольжения нити относительно блока при движении системы не происходит.

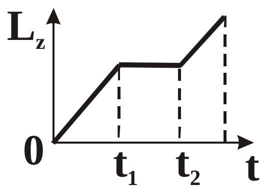
159. Маховик массой $m = 2$ кг в виде однородного диска диаметром $D = 60$ см свободно вращается с частотой $\nu = 10$ об/с. При торможении маховик остановился через промежуток времени $\Delta t = 15$ с. Найдите момент тормозящей силы $M_т$, считая, что он не меняется во время торможения маховика.

160. Диск вращается под действием некоторого момента сил $\vec{M}$ вокруг неподвижной оси, проходящей через его центр. График зависимости проекции момента импульса диска $L_Z$ от времени показан на рисунке. Изобразите график зависимости проекции момента результирующей силы $M_Z$ от времени.

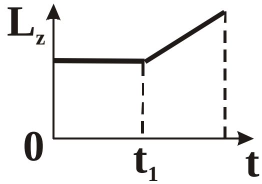

161. На рисунке представлены графики зависимости проекции момента импульса тела $L_Z$ от времени. Проанализируйте эти зависимости и укажите номера графиков, для которых проекция момента внешних сил $M_Z$ равна нулю и для которых она имеет постоянное значение. Ответ обоснуйте.




162. На рисунке представлен график зависимости проекции момента импульса тела $L_Z$ от времени. Постройте соответствующий график зависимости проекции момента результирующей внешней силы $M_Z$ от времени. Ответ обоснуйте.




163. На рисунке представлен график зависимости проекции момента импульса тела $L_Z$ от времени. Постройте соответствующий график зависимости проекции момента результирующей внешней силы $M_Z$ от времени. Ответ обоснуйте.




164. Определите момент силы $M$ , который необходимо приложить к блоку, вращающемуся с частотой $n = 12$ об/с, чтобы он остановился в течение времени $\Delta t = 8$ с. Диаметр блока $D = 30$ см. Массу блока $m = 6$ кг считать равномерно распределенной по ободу.

165. На краю неподвижной скамьи Жуковского диаметром $D = 1{,}8$ м и массой $m_1 = 36$ кг стоит человек массой $m_2 = 60$ кг. С какой угловой скоростью $\omega$ начнёт вращаться скамья, если человек поймает летящий на него мяч массой $m = 0{,}5$ кг? Траектория мяча горизонтальна и проходит на расстоянии $r = 0{,}5$ м от оси скамьи. Скорость мяча $v = 5$ м/с. Считать скамью однородным диском, а человека и мяч – материальными точками.

166. Человек стоит на скамье Жуковского и держит в руках стержень, расположенный вертикально вдоль оси вращения скамьи. Стержень служит осью вращения колеса, расположенного на верхнем конце стержня. Скамья неподвижна, а колесо вращается с частотой $n_1 = 15$ об/с. С какой угловой скоростью $\omega_2$ будет вращаться скамья, если человек повернёт стержень на угол $\varphi = 180^\circ$ и колесо окажется на нижнем конце стержня? Суммарный момент инерции человека и скамьи $I = 8$ кг$\cdot$м$^2$, радиус колеса $R = 25$ см. Массу $m = 2{,}5$ кг колеса считать равномерно распределённой по ободу.

167. Человек стоит на скамье Жуковского и держит в руках стержень вертикально вдоль оси вращения скамьи. Скамья с человеком вращается с угловой скоростью, равной $\omega_1 = 4$ рад/с. С какой угловой скоростью $\omega_2$ будет вращаться скамья с человеком, если повернуть стержень так, чтобы он занял горизонтальное положение? Суммарный момент инерции человека и скамьи $I = 5$ кг$\cdot$м$^2$. Длина стержня $l = 1{,}8$ м, масса $m = 6$ кг. Считать, что центр масс стержня находится на оси вращения скамьи.

168. Платформа в виде диска диаметром $D = 3$ м и массой $m_1 = 180$ кг может вращаться без трения вокруг вертикальной оси. С какой угловой скоростью $\omega_1$ будет вращаться эта платформа, если по её краю пойдёт человек массой $m_2 = 70$ кг со скоростью $v = 1{,}8$ м/с относительно платформы? Момент инерции человека рассчитывайте как для материальной точки.

169. Платформа в виде диска массой $m_1 = 280$ кг может вращаться без трения вокруг вертикальной оси. На краю платформы стоит человек. На какой угол $\varphi$ повернется платформа, если человек пойдет вдоль края платформы и, обойдя её, вернётся в исходную (на платформе) точку? Масса человека $m_2 = 80$ кг. Момент инерции человека рассчитывайте как для материальной точки.

170. Протон с кинетической энергией $T = 3$ ГэВ при торможении потерял треть этой энергии. Определите, во сколько раз изменился релятивистский импульс протона. Энергия покоя протона равна $E_0 = 938$ МэВ ($1$ эВ $= 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Дж).

171. Скорость электрона $v = 0{,}8c$, где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость света в вакууме. Зная энергию покоя электрона $E_0 = 0{,}51$ МэВ. ($1$ эВ $= 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Дж), определите его кинетическую энергию.

172. Определите скорость тела, при которой его продольные размеры уменьшились в 2 раза. Скорость света в вакууме равна $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

173. При какой скорости движения релятивистское сокращение длины движущегося тела составляет $25\%$. Скорость света в вакууме равна $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

174. Мезоны космических лучей достигают поверхности Земли с самыми разными скоростями. Найдите релятивистское сокращение размеров мезона, имеющего скорость, равную 95% скорости света?

175. Какие часы идут быстрее: неподвижные относительно наблюдателя, находящегося в инерциальной системе отсчёта, или движущиеся относительно него? Ответ обоснуйте. Дайте понятие собственного времени.

176. Во сколько раз увеличится продолжительность существования нестабильной частицы по часам неподвижного наблюдателя, если она начнет двигаться со скоростью, составляющей $99\%$ скорости света.

177. Мезон, входящий в состав космических лучей, движется со скоростью, составляющей $95\%$ скорости света. Какой промежуток времени по часам земного наблюдателя соответствует одной секунде «собственного времени» мезона?

178. Неподвижная частица массой $M$ распалась на две одинаковые частицы с кинетическими энергиями $T$ у каждой. Определите массы $m$ образовавшихся частиц.

179. Неподвижная частица массой $M$ распалась на две одинаковые частицы с импульсами $\vec{p}$ у каждой. Определите массы $m$ образовавшихся частиц.

# СОДЕРЖАНИЕ


1. Требования к оформлению и защите контрольных работ .................... 3

2. Правила приближенных вычислений ................................................. 5

3. Рекомендуемая литература ................................................................. 8

4. Контрольная работа № 1 ..................................................................... 8

   4.1. Содержание работы.......................................................................... 8

   4.2. Примеры решения задач ................................................................. 9

   4.3. Таблица вариантов для контрольной работы № 1 ........................ 20

   4.4. Задачи для самостоятельного решения......................................... 20

## ДЛЯ ЗАМЕТОК